

приложения компенсирующей крутильной нагрузки определяются формулой

$$\sigma = 2\beta p C_2^2 C_m [(\beta^2 - \epsilon^2) H_0^2(\beta\gamma) - 2\beta\gamma^{-1} H_1^2(\beta\gamma)] \sin 2\theta.$$

По материалам расчета составляется виброкарта трассы, указывающая уровень колебаний грунта на различных расстояниях от линии метро. Такой документ является частью инженерно-геологического обоснования стройплощадки.

1.Снитко Н.К. Статическое и динамическое давление грунтов и расчет подпорных стенок. – Л.: Стройиздат, 1998. – 305 с.

2.Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. – М.: Стройиздат, 1997. – 221 с.

3.Тарасов Б.Л. Экспериментальные исследования активного давления грунта на подпорную стенку // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1999. – № 7. – С.10-12.

4.Игнатов В.И. О распределении давлений засыпки на подпорную стенку // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2001. – № 11. – С. 15-16.

5.Варгин М.Н. Действие сплошной нагрузки на подпорную стену // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2000. – № 9. – С. 18-21.

Получено 21.01.2004

УДК 666.982.2.033

А.Г.ВАНДОЛОВСКИЙ, д-р техн. наук, А.В.РАЧКОВСКИЙ,  
Е.П.СУССКИЙ, А.Б.ГАСАНОВ, кандидаты техн. наук  
*Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры*

## НЕМЕДЛЕННАЯ РАСПАЛУБКА БЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Изучены параметры электрообработки свежееотформованных бетонных изделий с развитым рельефом поверхности с целью снижения адгезии бетона к форме до величин, допускающих немедленную распалубку. Раскрывается механизм снижения адгезии за счет разделительной прослойки газа, образующегося в процессе электролиза.

В технологии бетона и железобетона проблема распалубки приобретает особую остроту в связи с внедрением интенсивных технологий формирования изделий.

Актуальность немедленной распалубки в технологии бетона подтверждается многими исследователями [1, 2]. Преимущества немедленной распалубки очевидны, она позволяет снизить технологические расходы благодаря сокращению парка форм и отказаться от дорогостоящих смазок и оборудования для их нанесения. Некоторые исследователи отмечают возможность повышения таких важных показателей как прочность и морозостойкость.

В производстве бетонных изделий из подвижных смесей немедленная распалубка либо затруднена, либо вообще невозможна. Глав-

ным препятствием на пути осуществления ранней распалубки является адгезионное сцепление на границе «бетон - форма».

Известные мероприятия по снижению адгезии с целью немедленной распалубки по виду воздействия носят механический характер и направлены на снижение напряжений в бетоне. Они дают положительный эффект лишь при использовании жестких смесей в сочетании с различными видами смазок. Немедленная распалубка изделий из подвижных бетонных смесей остается сложной технической задачей, для решения которой необходим новый концептуальный подход.

Использование электровоздействия для обработки бетонных смесей и их компонентов известны из работ многих ученых с 1931 г. В дальнейшем электрообработка бетона стала широко применяться в основном для электропрогрева и активации бетонной смеси либо ее компонентов [3].

Целью данного исследования является изучение параметров электрообработки бетона в форме для немедленной распалубки при низких значениях распалубочной прочности.

Электрическая обработка бетонных смесей с целью немедленной распалубки осуществляется путем включения свежееуложенного бетона в электрическую цепь в качестве активного сопротивления. При прохождении постоянного электрического тока через водный солевой раствор происходит процесс разложения воды на составляющие - водород и кислород. В растворе происходит диссоциация воды на ионы водорода и гидроксиды [4, 5].

В результате химического разложения раствора и распада их на ионы катионы движутся к катоду, а анионы к аноду. Поверхность каждого из электродов при этом покрывают пузырьки выделяющегося газа. Бетонная смесь является дисперсной системой типа «диэлектрик в среде электролита». Жидкая фаза цементного теста является щелочной средой ( $\text{pH}=12,4$ ), в связи с чем смесь можно представить как электролит в виде насыщенного раствора щелочи. При подведении постоянного электрического тока поверхность одного электрода получает положительный заряд (анод), а другого – отрицательный (катод). Со стороны цементного теста вблизи поверхностей электродов создается избыток ионов противоположного знака. В результате на границе между металлом и бетоном образуется промежуточный продукт – прослойка водорода, который адсорбируется на всей поверхности электрода и образует разделительную зону между формой и цементным тестом. Контактная зона на границе «бетон-форма» при распалубке представлена на рис.1.

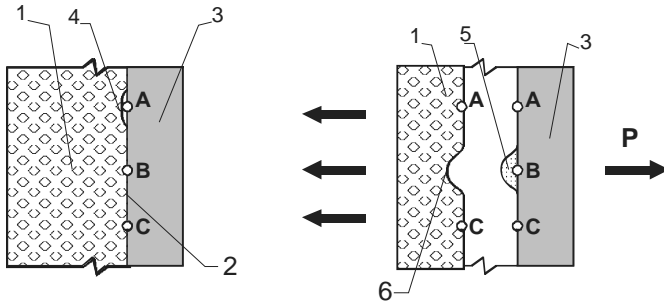


Рис. 1 – Распалубка свежеуложенного бетона:

1 – уплотненный бетон; 2 – контактная поверхность «бетон-форма»; 3 – металлическая форма; 4 – воздушный пузырек; 5 – фрагмент бетона налипшего к форме; 6 – дефект бетонной поверхности.

Между бетоном и формой возникают растягивающие напряжения  $\sigma_A$  (адгезионная прочность), которые не должны превосходить когезионную прочность бетона ( $\sigma_K$ ). При распалубке свежеотформованного изделия отрыв стенок формы происходит как по адгезионному типу (контакт в точке А)  $\sigma_A < \sigma_K$ , так и по когезионному  $\sigma_A > \sigma_K$  (контакт в точке В), может иметь место и смешанный тип (контакт в точке С)  $\sigma_A \approx \sigma_K$ . Участок А характеризуется низкой адгезией вследствие наличия пузырьков воздуха, налипание бетона здесь отсутствует. Воздух является диэлектриком поэтому сила тока на таких участках равна нулю, газовыделение минимально. В местах наибольшего прилипания (точка В) сила тока максимальна и эффект газовыделения выше, что обеспечивает распалубку. Таким образом, наибольший эффект газовыделения, снижающего адгезию, имеет место на площади наибольшего сцепления бетона с формой.

В качестве модели для экспериментальной обработки представлена ячейка кубической формы, наполненная бетонной смесью, причём основание и две противоположные грани изготовлены из диэлектрика, а две другие грани – металлические и выполняют роль стальных электродов (рис.2).

Эффект газовыделения позволяет снижать величину адгезии либо исключить её вовсе. Влияние процессов газовыделения на величину снижения адгезии определяли экспериментально при следующем составе бетона (кг/м<sup>3</sup>): Ц – 430; Ш (5-10 мм) – 1250; П – 500; В – 300; В/Ц – 0,70. В начале опыта, до подачи напряжения определили величину усилия отрыва стенки формы  $P_1 = 0,065$  МПа. На поверхности металлической пластины остаются при этом следы прилипания цементного

теста, а на поверхности свежееотформованного куба визуально наблюдаются повреждения. Верхний предел величины усилия, при котором отрыв пластины не происходит  $P_0=0,060$  МПа. Далее величина отрыва пластины определялась в условиях электровоздействия. Экспериментально установлено время обработки бетонной смеси при различных параметрах. Максимальное напряжение в сети составляло 24В. Зависимость времени электрообработки от величины приложенного усилия при различных параметрах постоянного тока представлена на графике (рис.3). При обработке бетонной смеси постоянным электрическим током при плотности  $i=0,008$  а/см<sup>2</sup> усилие отрыва  $P$  за 30с снижается на 90%. Общее время обработки не превышает 60с поскольку на катоде выделяется и адсорбируется достаточное количество газа, способное обеспечить необходимое снижение адгезии.

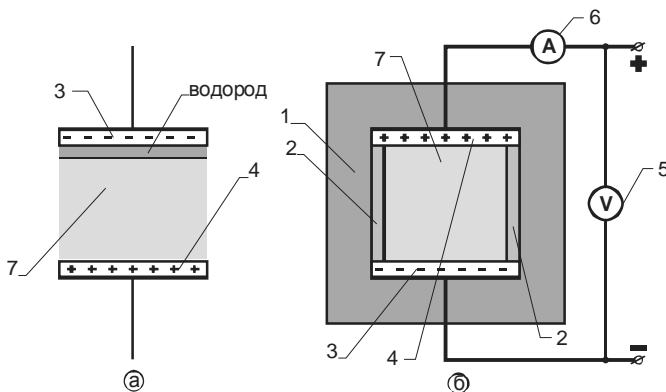


Рис. 2. –Устройство для электрообработки бетонной смеси:

а – общий вид; б – схема устройства (вид сверху);

1 – основание (диэлектрик); 2 – стенки формы (диэлектрик); 3 – контактный электрод (катод); 4 – анод; 5 – амперметр; 6 – вольтметр; 7 – бетонная смесь.

Расчёт количества водорода выполнен по эмпирической зависимости:

$$V = 419 \cdot I \cdot t \cdot n,$$

где  $V$  – объём водорода, см<sup>3</sup>;  $I$  – сила тока в цепи, А;  $t$  – время обработки, с;  $n$  – коэффициент выхода  $H_2$  по току; 419 – газовая постоянная для  $H_2$  (для сравнения – 209,5 для  $O_2$ ).

Проведенные эксперименты позволили определить время обработки, которое составляет  $10 < t < 60$  с при напряжении  $U=24$  В. Влияние процессов газовыделения на величину снижения адгезии представлено

в таблице.

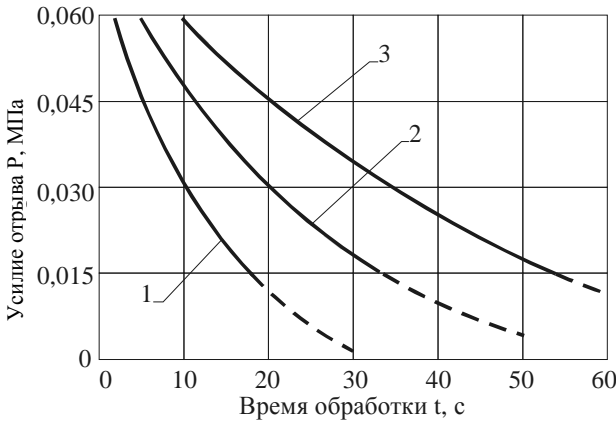


Рис. 3 – Зависимость усилия отрыва от времени электровоздействия и силы тока  
 1 –  $i = 0,008 \text{ а/см}^2$ ; 2 –  $i = 0,005 \text{ а/см}^2$ ; 3 –  $i = 0,002 \text{ а/см}^2$

Расчётное количество веществ, образующихся при различных параметрах обработки

| Величина адгезии, МПа | $i = 0,008 \text{ а/см}^2$ |                       |                       | $i = 0,005 \text{ а/см}^2$ |                       |                        | $i = 0,002 \text{ а/см}^2$ |                       |                        |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|
|                       | t, с                       | V <sub>H2</sub> , см³ | Vo <sub>2</sub> , см³ | t, с                       | V <sub>H2</sub> , см³ | Vo <sub>2</sub> , см³  | t, с                       | V <sub>H2</sub> , см³ | Vo <sub>2</sub> , см³  |
| 0,060                 | 2                          | 0,155                 | 0,12·10 <sup>-3</sup> | 5                          | 0,100                 | 0,1·10 <sup>-3</sup>   | 9                          | 0,134                 | 0,108·10 <sup>-3</sup> |
| 0,045                 | 5                          | 0,260                 | 0,29·10 <sup>-3</sup> | 11                         | 0,400                 | 0,36·10 <sup>-3</sup>  | 21                         | 0,310                 | 0,258·10 <sup>-3</sup> |
| 0,030                 | 10                         | 0,800                 | 0,58·10 <sup>-3</sup> | 20                         | 0,900                 | 0,71·10 <sup>-3</sup>  | 36                         | 0,500                 | 0,430·10 <sup>-3</sup> |
| 0,015                 | 17                         | 1,300                 | 0,97·10 <sup>-3</sup> | 35                         | 1,400                 | 0,111·10 <sup>-3</sup> | 56                         | 0,800                 | 0,690·10 <sup>-3</sup> |

В результате исследовательских работ данный процесс использован в технологической линии по производству бетонных изделий с немедленной распалубкой. Технологический процесс состоит из четырех этапов (рис.4): 1 – подготовка и сборка формы; 2 – формование с виброуплотнением; 3 – электрообработка; 4 – распалубка.

Применение электрообработки позволяет осуществлять немедленную распалубку таких сложных по форме элементов, как бетонные тройники трубопроводов (Ø100 мм, ГОСТ 20054-82), благодаря чему получена возможность снизить металлоёмкость оборудования на 30% за счёт сокращения количества форм.

Разработанный метод может быть использован для производства бетонных изделий сложной конфигурации, таких как архитектурные элементы фасадов зданий, деталей интерьеров и др., которые в на-

стоящее время для облегчения распалубки изготавливают прямолинейного очертания.

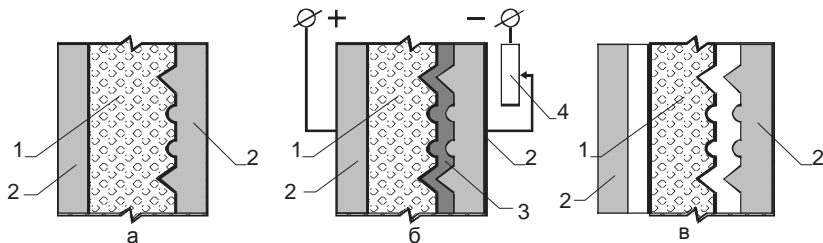


Рис. 4 – Распалубка с электрообработкой бетонной смеси

а – исходное состояние; б – электрообработка; в – снятие формы;

1 – бетонная смесь; 2 – стенки формы; 3 – прослойка водорода; 4 – реостат

1.Прасолов Е.Я. Технология формирования изделий с немедленной распалубкой // Бетон и железобетон в Украине. – 2001. – № 3. – С. 8.

2.Довжик А.И. Ратинов В.Б. Эффективные смазки для форм в производстве сборного железобетона. – М.: Изд-во литературы по строительству, 1966. – 138 с.

3.Матвиенко В.А. Электрическая активация компонентов бетонной смеси: Автореф. ... д-ра техн. наук. – Харьков, 1993. – 56 с.

4.Измайлов Н.А. Электрохимия растворов. – М.: Химия, 1976. – 476 с.

5.Скорчелетти В.В. Теоретическая электрохимия. – Л.: Химия, Ленинград. отд., 1974. – 410 с.

*Получено 23.02.2004*

УДК 624.073.2

Г.А.РАПОПОРТ, канд. техн. наук

ОАО «Институт «РОСТОВТЕПЛОЭЛЕКТРОПРОЕКТ», г. Ростов-на-Дону  
(Российская Федерация)

## **К РАСЧЕТУ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО КОМПЛЕКСНЫМ РАСЧЕТНЫМ СХЕМАМ. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ В.З.ВЛАСОВА ОБ УПРУГОМ СЖИМАЕМОМ СЛОЕ МЕТОДОМ Л.В.КАНТОРОВИЧА**

Рассматривается проблема учета работы деформируемого основания при расчете сооружений по единым комплексным расчетным схемам «здание - фундаментная конструкция - основание». В качестве модели упругого основания принимается модель сжимаемого слоя, которая, по В.З.Власову, приводится к двухпараметрической (квадрупольной) модели.

Упругое основание (УО) – одно из основных модельных понятий теории сооружений. Под УО понимаются механические расчетные модели упругой среды, сопротивляющейся деформированию взаимодействующей с ней конструкции. В задачах строительной механики строительных конструкций такой средой, как правило, является грун-